



**(19) BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENTAMT**

⑫ **Patentschrift**  
⑩ **DE 43 30 487 C 1**

(51) Int. Cl. 6:  
**F 02 C 6/12**  
F 02 C 9/20  
F 02 B 37/12

**(21)** Aktenzeichen: P 43 30 487.7-13  
**(22)** Anmeldetag: 9. 9. 93  
**(43)** Offenlegungstag: —  
**(45)** Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 1. 95

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦3 Patentinhaber:

**Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,  
DE**

⑦2 Erfinder:

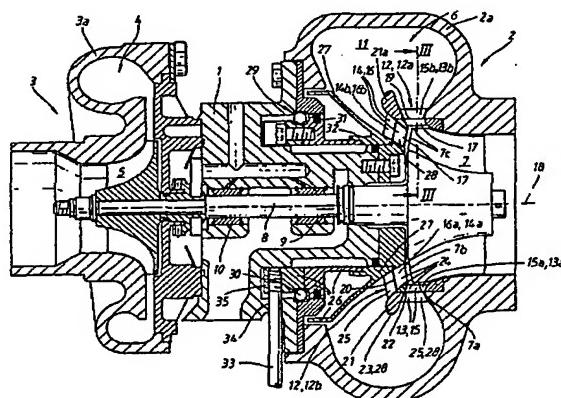
Sumser, Siegfried, Dipl.-Ing., 70184 Stuttgart, DE;  
Erdmann, Wolfgang, Ing.(grad.), 70439 Stuttgart, DE;  
Schmidt, Erwin, 73666 Baltmannsweiler, DE;  
Hanauer, Horst, Dipl.-Ing., 71566 Althütte, DE;  
Wunderlich, Klaus, Dipl.-Ing., 71334 Waiblingen, DE

**56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht gezogene Druckschriften:**

DE-PS	34 41 115
DE-PS	34 27 715
DE-OS	38 33 906
DE-OS	35 04 374
DE-OS	33 22 436
DE-OS	33 02 186
DE-OS	28 43 202
DD	1 26 796

#### 54 Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine

57) Die Erfindung bezieht sich auf einen Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine, dessen Abgasturbine ein Laufrad mit mindestens einem radialen Strömungseintrittsquerschnitt und einen dieses umgebenden einflutigen Strömungskanal mit einem an den Strömungseintrittsquerschnitt des Laufrades mündenden ringdüsenförmigen Mündungsbe- reich mit mindestens einer Ringdüse umfaßt und in dem Strömungskanal mindestens ein variables Leitgitter mit Leitschaufeln angeordnet ist, mit dem der Durchflußquer- schnitt der Ringdüse einstellbar ist.  
Um eine einflutige Abgasturbine derart auszubilden, daß eine höhere Flexibilität und ein breiteres Einsatzspektrum im Vergleich zum bekannten Stand der Technik möglich ist, wird erfindungsgemäß vorgeschlagen, daß das Laufrad sowohl den radialen Strömungseintrittsquerschnitt als auch einen halbaxialen Strömungseintrittsquerschnitt aufweist und in dem Strömungskanal ein strömungsgünstig konturiertes Ring derart angeordnet ist, daß in dem Strömungskanal zwei Ringdüsen gebildet sind, wobei die erste Ringdüse radial und die zweite Ringdüse halbaxial an das Laufrad mündet.



DE 43 30 487 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Abgasturbolader einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1.

Aus der DE-PS 34 27 715 ist bereits ein Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine der gattungsgemäßen Art bekannt. Die Abgasturbine besitzt ein Laufrad mit mindestens einem radialen und einem halbaxialen Strömungseintrittsquerschnitt und einen das Laufrad umgebenden Strömungskanal mit einem an die Strömungseintrittsquerschnitte des Laufrades mündenden ringdüsenförmigen Mündungsbereich mit zwei Ringdüsen. In diesem sind zwei Leitgitter mit variablen Leitschaufeln angeordnet, mit denen der Durchflußquerschnitt beider Ringdüsen einstellbar ist.

Zum allgemeinen Hintergrund wird noch auf die Druckschriften DE-OS 28 43 202, DE-OS 33 02 186, DE-OS 33 22 436, DE-PS 34 41 115, DE-PS 35 04 374, DE-OS 38 33 906 und DD-PS 1 26 796 verwiesen.

Die Aufgabe der Erfindung liegt darin, eine einflutige Abgasturbine mit hoher Flexibilität und einem breiten Einsatzspektrum derart auszubilden, daß gleichzeitig der Wirkungsgrad der Abgasturbine verbessert wird.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß durch die im Kennzeichen des Patentanspruchs 1 gegebenen Merkmale gelöst.

Ein Vorteil der Erfindung gemäß Patentanspruch 1 liegt darin, daß das einflutige Turbinengehäuse relativ groß ausgelegt werden kann, wodurch in dessen Strömungskanal niedrige Strömungsgeschwindigkeiten und somit geringere Strömungsverluste erreichbar sind. Die Strömungsbeschleunigung findet auf kurzen Laufängen im jeweils offenen Leitgitter statt, wodurch sich in den Auslegungsstellungen der Leitgitter günstige Turbinenwirkungsgrade realisieren lassen.

Das einflutige Turbinengehäuse kann als Spiralgehäuse oder als reiner Sammelraum gefertigt werden. An der Kopplungsstelle der die radiale und die halbaxiale Zuströmung zum Laufrad leitenden Leitgitter wird zur besseren Strömungsführung erfindungsgemäß ein strömungsgünstig konturierter Ring zur Kanalkonturierung vorgesehen. Dieser Ring muß nicht zur Rotationsachse des Laufrades symmetrisch, sondern kann bei einem vorgesehenen Spiralgehäuse auch über dem Umfang veränderlich (z. B. spiralförmig) gestaltet sein.

Durch den erfindungsgemäßen Ring wird der ringdüsenförmige Mündungsbereich des einflutigen Strömungskanals in zwei Ringdüsen unterteilt, in eine Ringdüse für die radiale und in eine Ringdüse für die halbaxiale Zuströmung zum Laufrad. So wird für eine einflutige Abgasturbine eine variable Turbinengeometrie in optimaler Weise ausgebildet, indem beispielsweise das halbaxiale Leitgitter durch die Gestaltung der Schaufeln für den Anfahrbetrieb (schnelles Hochlaufen der Turbine) ausgelegt ist, während das variable radiale Leitgitter für den Teillast und Vollastbereich ausgelegt wird.

Durch die erfindungsgemäße Leitgitterverstellung nach den Ansprüchen 2 und 6 ist durch die Regelung des Durchflußquerschnittes über das verstellbare Leitgitterteil dieses in vorteilhafter Weise auch als Motorbremse (Staudruckbremse) einsetzbar. Bei geeigneter Wahl der Gitterparameter kann das Leitgitter so ausgeführt werden, daß es, abgesehen von Spaltströmen, durch eine entsprechende Drehung des verdrehbaren Leitgitterteiles vollständig versperbar ist. Ferner ist in einer Zwischenstellung des verdrehbaren Teils des Leit-

gitters sowohl eine radiale als auch eine halbaxiale Zuströmung auf das Laufrad möglich.

Die erfindungsgemäße Ausgestaltung nach Anspruch 3 ist eine bevorzugte bauliche Ausführung der Erfindung.

Durch die Ausgestaltung der Erfindung nach Anspruch 9 wird durch Verstellen des Leitgitters das Laufrad entweder radial oder halbaxial beaufschlagt.

Ein Vorteil der Erfindung gemäß Anspruch 10 liegt darin, daß lediglich ein einziges geteiltes Leitgitter benötigt wird, das sowohl die radiale als auch die halbaxiale Zuströmung zum Laufrad leitet.

Weitere Ausgestaltungen und Vorteile der Erfindung gehen aus den übrigen Unteransprüchen und der Beschreibung hervor.

In den Zeichnungen ist die Erfindung anhand dreier Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 in einem ersten Ausführungsbeispiel einen Meridianschnitt eines Abgasturboladers mit einer einstufigen Abgasturbine mit einem Strömungskanal, in dessen ringdüsenförmigen Mündungsbereich ein erfindungsgemäß strömungsgünstig konturierter Ring derart angeordnet ist, daß in dem Mündungsbereich zwei Ringdüsen gebildet sind, wobei in jeder Ringdüse ein variables Leitgitter angeordnet ist,

Fig. 2 in einem zweiten Ausführungsbeispiel einen Meridianschnitt eines Abgasturboladers mit einem erfindungsgemäß Leitgitter,

Fig. 3 einen Schnitt III-III durch das geteilte Leitgitter gemäß Fig. 1 und 2 für voll geöffnete radiale Zuströmung auf das Laufrad der Abgasturbine,

Fig. 4 in einem Schnitt analog Fig. 3 eine Stellung des radialen Leitgitters für teilweise abgeriegelte radiale Zuströmung auf das Laufrad der Abgasturbine und

Fig. 5 in einem dritten Ausführungsbeispiel einen Meridianschnitt eines Abgasturboladers mit einem feststehenden Leitgitter in der halbaxialen Ringdüse und einem Leitgitter mit verdrehbaren Leitschaufeln in der radialen Ringdüse.

Fig. 1 zeigt einen Meridianschnitt eines Abgasturboladers, der ein Gehäuse 1, eine Turbinenstufe 2 und eine Verdichterstufe 3 in prinzipiell bekannter Weise umfaßt.

An dem Gehäuse 1 ist ein einflutiges, spiralförmiges Verdichtergehäuse 3a mit Strömungskanal 4, der ein Radiallaufrad 5 der Verdichterstufe 3 umschließt, sowie ein einflutiges, spiralförmiges Turbinengehäuse 2a mit Strömungskanal 6, der ein radial und halbaxial durchströmtes Laufrad 7 der Turbinenstufe 2 umgibt, angeflanscht. Das Laufrad 7 besitzt einen radialen Strömungseintrittsquerschnitt 7a und einen halbaxialen Strömungseintrittsquerschnitt 7b.

Radiallaufrad 5 und Laufrad 7 sitzen auf einer gemeinsamen Welle 8, die mit Radiallagern 9 und 10 in dem Gehäuse 1 gelagert ist.

Der einflutige, spiralförmige Strömungskanal 6 umfaßt eine Flut 11, deren Abgasstrom das Laufrad 7 in einem ringdüsenförmigen Mündungsbereich 12 mit Ringdüsen 12a und 12b radial und halbaxial beaufschlägt. In diesem befinden sich zwei variable, kontinuierlich verstellbare, geteilte Leitgitter 13 und 14 mit geteilten Leitschaufeln 15 und 16, wobei das einer Laufradperipherie 7c zugewandte Ende 17 der Leitgitter 13 und 14 mit geringem Abstand von dieser verlaufen. Die Laufradperipherie 7c umfaßt den radialen Strömungseintrittsquerschnitt 7a und den halbaxialen Strömungseintrittsquerschnitt 7b des Laufrades 7.

Die Leitschaufeln 15 und 16 der geteilten Leitgitter 13 und 14 mit Leitgitterteilen 13a und 13b sowie 14a und

14b sind durch zwei sich schneidende Schnittflächen in Leitschaufelteile 15a, 15b und 16a, 16b geteilt, wobei die eine Schnittfläche eine konzentrisch zur Rotationsachse 18 verlaufende Zylindermantelfläche 19 und die andere Schnittfläche eine Kegelmantelfläche 20 ist, deren zugehörige Kegelspitze auf der Rotationsachse 18 des Laufrades 7 liegt.

Im Bereich der Schnittkurve der beiden Schnittflächen 19 und 20 der geteilten Leitgitter 13 und 14 ist ein geteilter, strömungsgünstig konturierter Ring 21 mit Ringteilen 22 und 23 angeordnet, wobei das Ringteil 22 mit den feststehenden Leitschaufelteilen 15a, 16a und das Ringteil 23 mit den verdrehbaren Leitschaufelteilen 15b und 16b fest verbunden ist. Die Außenkontur des strömungsgünstig konturierten Ringes 21 nimmt über dessen Umfangswinkel längs der Strömungsrichtung in seiner axialen und radialen Erstreckung bezüglich der Rotationsachse 18 des Laufrades 7 ab und ragt mit seinem Nasenbereich 21a in den Strömungskanal 6 hinein.

Die geteilten Leitschaufeln 15, 16 der Leitgitter 13, 14 nebst geteiletem Ring 21 bilden einen geteilten Leitschaufelkranz 28, der aus einem feststehenden Leitschaufelkranzteil 24 mit den Leitschaufelteilen 15a und 16a (Leitgitterteile 13a, 14a) nebst Ringteil 22 und einem diesem zugeordneten, konzentrisch zur Rotationsachse 18 des Laufrades 7 verdrehbaren Leitschaufelkranzteil 25 mit den Leitschaufelteilen 15b und 16b (Leitgitterteil 13b, 14b) nebst Ringteil 23 besteht. Das verdrehbare Leitschaufelkranzteil 25 ist anströmseitig und das feststehende Leitschaufelkranzteil 24 abströmseitig in dem Mündungsbereich 12 angeordnet.

Die Verdrehung des Leitschaufelkranzteiles 25 erfolgt über eine Nabe 26, auf der ein konusförmiges Nabenteil 27 befestigt ist.

Die Nabe 26 ist mit einem Drahtkugellager 29 mit Keramik- oder Stahlkugeln 30 im Gehäuse 1 gelagert.

Das Gehäuse 1 und die Nabe 26 ist mit Rechteckringen 31 und 32 zur Gasseite hin abgedichtet.

Die Verdrehung der Nabe 26 erfolgt über einen Stift 33, der über einen Schlitz 34 des Gehäuses 1 geführt und mit der Nabe 26 mittels eines Gewindes 35 fest verbunden ist.

Der Stift 33 ist mit einem nicht dargestellten Steller verbunden, der die Position der Nabe 26 und damit die Stellung des Leitschaufelkranzteiles 25 in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine regelt.

In Fig. 2 ist ein Meridianteilschnitt eines Abgasturboladers analog zu Fig. 1 dargestellt. Gleiche Bauteile werden mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet.

Die Flut 11 mit ihrem ringdüsenförmigen Mündungsbereich 36 beaufschlagt das Laufrad 7 radial und halbaxial. In dem ringdüsenförmigen Mündungsbereich 36 befindet sich ein variables, kontinuierlich verstellbares, geteiltes Leitgitter 37 mit geteilten Leitschaufeln 38, die durch eine konzentrisch zur Rotationsachse 18 des Laufrades 7 liegende Zylindermantelfläche 40 geteilt sind. Das geteilte Leitgitter 37 besteht aus einem feststehenden Leitgitterteil 42 mit Leitschaufelteilen 43 und Leitschaufelabschnitten 43a und 43b, sowie einem diesem zugeordneten, konzentrisch zur Rotationsachse 18 des Laufrades 7 verdrehbaren Leitgitterteil 44 mit Leitschaufelteilen 45 und Leitschaufelabschnitten 45a und 45b, wobei das verdrehbare Leitgitterteil 44 anströmseitig und das feststehende Leitgitterteil 42 abströmseitig in dem Mündungsbereich 36 angeordnet ist.

Das abströmseitige Ende 46 des feststehenden Leitgitterteiles 42 ist an die Kontur der in dem Mündungs-

bereich 36 befindlichen Laufradperipherie 39 angepaßt, die eine radial zur Rotationsachse 18 des Laufrades 7 verlaufende Ringfläche (halbaxialer Strömungseintrittsquerschnitt) und eine an deren Außenkontur anschließende, konzentrisch zur Rotationsachse 18 verlaufende Zylindermantelfläche (radialer Strömungseintrittsquerschnitt) umfaßt.

Durch die zylindermantelförmige Teilungsfläche 40 werden die die halbaxiale Zuströmung zum Laufrad 7 leitenden Leitschaufelabschnitte 43b, 45b relativ näher in Richtung Profilnase geschnitten, als die die radiale Zuströmung leitenden Leitschaufelabschnitte 43a, 45a.

Durch eine unterschiedliche Teilung der Leitschaufelabschnitte 43a, 45a bzw. 43b, 45b kann erreicht werden, daß bei Verdrehung des Leitgitterteiles 44 entweder die radiale oder die halbaxiale Zuströmung zum Laufrad 7 freigegeben wird. Zwischen den Leitschaufelabschnitten 43a, 45a und 43b, 45b befindet sich ein geteilter, strömungsgünstig konturierter Ring 54 analog Fig. 1.

In Fig. 3 ist ein Schnitt III-III durch das geteilte Leitgitter 13 gemäß Fig. 1 bzw. durch die Leitschaufelabschnitte 43a, 45a des geteilten Leitgitters 37 gemäß Fig. 2 dargestellt, wobei die radiale Zuströmung auf das Laufrad 7 vollständig geöffnet ist. Gleiche Bauteile aus Fig. 1 und 2 werden mit gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

Fig. 4 zeigt in einem Schnitt analog zu Fig. 3 eine Stellung des geteilten Leitgitters 13 bzw. 37 für eine teilweise abgeriegelte radiale Zuströmung auf das Laufrad 7.

Fig. 5 zeigt in einem dritten Ausführungsbeispiel einen Meridiantschnitt eines Abgasturboladers mit einem feststehenden Leitgitter 47 in der halbaxialen Ringdüse 12b und einem Leitgitter 48 mit verdrehbaren Leitschaufeln 49 in der radialen Ringdüse 12a. Gleiche Bauteile aus den Fig. 1 bis 4 werden mit gleichen Bezugsziffern gekennzeichnet. Ein einflutiger Strömungskanal 50 ist als ringförmiger Sammelraum ausgebildet. Ein strömungsgünstig konturierter Ring 51 ist zur Rotationsachse 18 des Laufrades 7 symmetrisch ausgebildet. Der strömungsgünstig konturierte Ring 51 ist über das in der halbaxialen Ringdüse 12b angeordnete feststehende Leitgitter 47 fixiert.

Der Verstellmechanismus der um eine Leitschaufellängsachse 52 verdrehbaren Leitschaufeln 49 ist aus dem gattungsbildenden Stand der Technik prinzipiell bekannt und wird hier deshalb nicht näher erläutert. Der in Fig. 5 gezeigte Verstellmechanismus ist gegenüber dem Stand der Technik dahingehend weitergebildet, daß die Leitschaufeln 49 zur Verringerung der Spaltverluste nicht mehr wie im Stand der Technik fliegend gelagert sind, sondern zusätzlich in Lagern 53 in dem Ring 51 gegengelagert sind.

In einer Ausgestaltung der Erfindung gemäß Fig. 2 können die beiden die radiale und die halbaxiale Zuströmung leitenden Leitgitterabschnitte 43a, 45a bzw. 43b, 45b auch unabhängig voneinander bewegbar sein, so daß die radiale und halbaxiale Zuströmung auch gleichzeitig auf das Laufrad 7 erfolgen kann. Ferner kann für einen gewollten Motorbremsbetrieb sowohl die radiale als auch die halbaxiale Zuströmung abgeriegelt werden (Staudruckbremse). Bei einer derartigen Ausführung ist das Leitgitter 37 durch eine in etwa radial verlaufende Teilungsebene, die im Bereich einer Umlaufkante 41 des Laufrades 7 (gemäß Fig. 2) geteilt, wobei eine entsprechende Verstellmechanik (z. B. analog zu der in Fig. 1 und 2 gezeigten) zur unabhängigen Verstellung der beiden Leitgitterteile vorzusehen ist.

In analoger Weise ist in der in Fig. 1 gezeigten Bauweise das Ringteil 23 zusätzlich zur vorhandenen Teilung radial teilbar, wodurch zwei verdrehbare Leitgitterteile entstehen, durch die unabhängig voneinander, etwa in Abhängigkeit von Betriebsparametern der Brennkraftmaschine, die radiale und die halbaxiale Zuströmung auf das Laufrad 7 regelbar ist.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann das feststehende Leitgitterteil anströmseitig und das verdrehbare Leitgitterteil abströmseitig angeordnet sein.

Ferner können auch die Leitschaufeln des die halbaxiale Zuströmung leitenden Leitgitters um deren Schaufelachse verdrehbar und die Leitschaufeln des die radiale Zuströmung leitenden Leitgitters feststehend ausgeführt sein.

#### Patentansprüche

1. Abgasturbolader für eine Brennkraftmaschine, dessen Abgasturbine ein Laufrad mit mindestens einem radialen und einem halbaxialen Strömungseintrittsquerschnitt und einen das Laufrad umgebenden einflutigen Strömungskanal mit einem an die Strömungseintrittsquerschnitte des Laufrades mündenden ringdüsenförmigen Mündungsbereich mit mindestens einer Ringdüse je Strömungseintrittsquerschnitt umfaßt und in dem Strömungskanal mindestens ein variables Leitgitter mit Leitschaufeln angeordnet ist, mit dem der Durchflußquerschnitt mindestens einer der Ringdüsen einstellbar ist, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Strömungskanal (6) ein strömungsgünstig konturiert und mindestens teilweise feststehender Ring (21, 51) derart angeordnet ist, daß durch diesen die beiden Ringdüsen (12a, 12b) gebildet sind, wobei der Ring (21, 51) an einem in der radialen Ringdüse (12a) und/oder der halbaxialen Ringdüse (12b) feststehendem Leitgitter (47) oder feststehendem Leitgitterteil (42, 13a, 14a) befestigt ist.
2. Abgasturbolader nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitgitter (13, 14) jeweils zwischen dem strömungsgünstig konturierten Ring (21) und einer der Seitenwände des Strömungskanals (6) angeordnet und unabhängig voneinander verstellbar sind.
3. Abgasturbolader nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der strömungsgünstig konturierte Ring (21) konzentrisch zur Rotationsachse (18) des Laufrades (7) geteilt ist.
4. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der strömungsgünstig konturierte Ring (51) eine bezüglich der Rotationsachse (18) des Laufrades (7) rotationsymmetrische Außenkontur aufweist.
5. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß bei spiralförmig ausgebildetem Strömungskanal (6) die Außenkontur des strömungsgünstig konturierten Ringes (21) über dessen Umfangswinkel längs der Strömungsrichtung in seiner axialen und radialen Erstreckung bezüglich der Rotationsachse (18) des Laufrades (7) abnimmt und mit seinem Nasenbereich (21a) in den spiralförmigen Strömungskanal (6) hineinragt.
6. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in beiden Ringdüsen (12a, 12b) geteilte Leitgitter (13, 14) mit einem feststehenden Leitgitterteil (13a, 14a) und einem

diesen zugeordneten verdrehbaren Leitgitterteil (13b, 14b) angeordnet sind und daß mit mindestens einem der geteilten Leitgitter (13, 14) der Strömungsquerschnitt einer der Ringdüsen (12a, 12b) veränderbar ist.

7. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Leitschaufeln (49) des die radiale Zuströmung zum Laufrad (7) leitenden Leitgitters (48) oder die Leitschaufeln des die halbaxiale Zuströmung zum Laufrad leitenden Leitgitters einteilig und um eine Schaufellängsachse (52) verdrehbar ausgeführt sind.

8. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Teilung des Leitgitters (37) durch zwei sich schneidende Schnittflächen erfolgt, wobei die eine Schnittfläche eine konzentrisch zur Rotationsachse (18) des Laufrades (7) verlaufende Zylindermantelfläche (19, 40) ist und die andere Schnittfläche eine Kegelmantelfläche (20) ist, deren zugehörige Kegelspitze auf der Rotationsachse (18) des Laufrades (7) liegt.

9. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine der Ringdüsen (12a, 12b) durch das verstellbare Leitgitter (13, 14, 48) vollständig absperrbare ist.

10. Abgasturbolader nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß das beiden Strömungseintrittsquerschnitten (7a, 7b) des Laufrades (7) zugewandte Ende (17, 46) des geteilten Leitgitters (37) der Kontur einer Laufraderperipherie (7c, 39) angepaßt ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

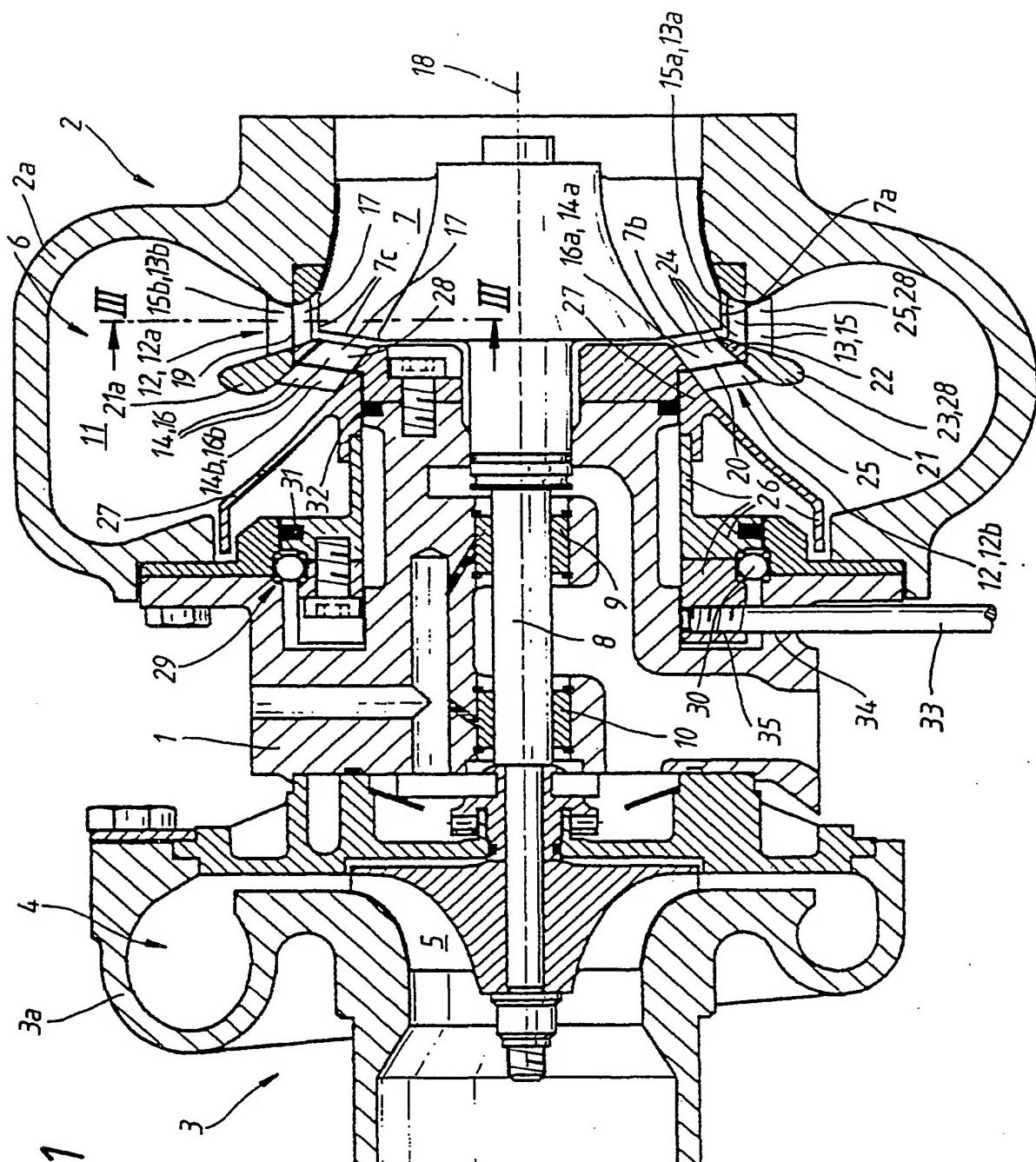


Fig. 1

Fig. 2

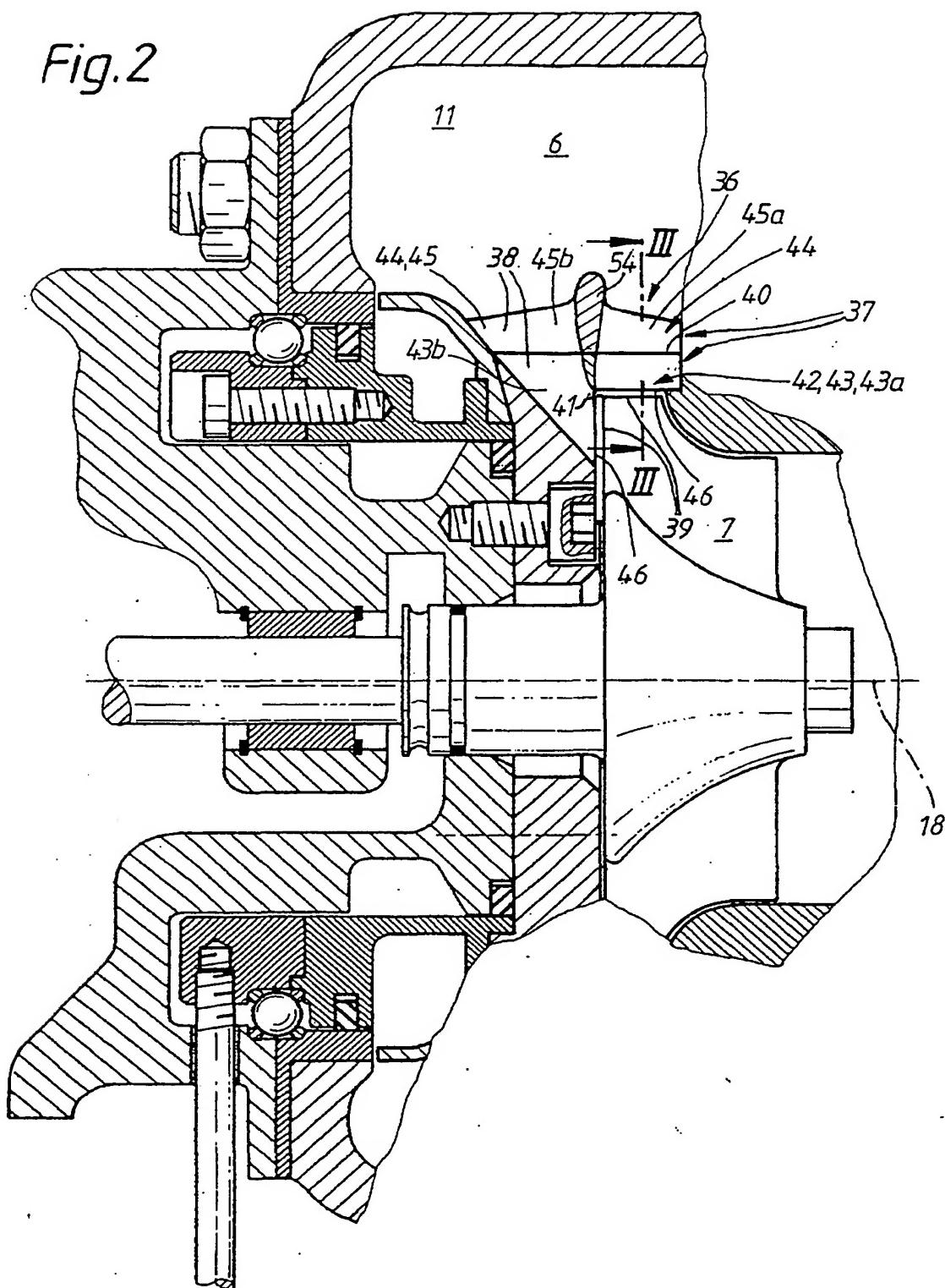


Fig. 3

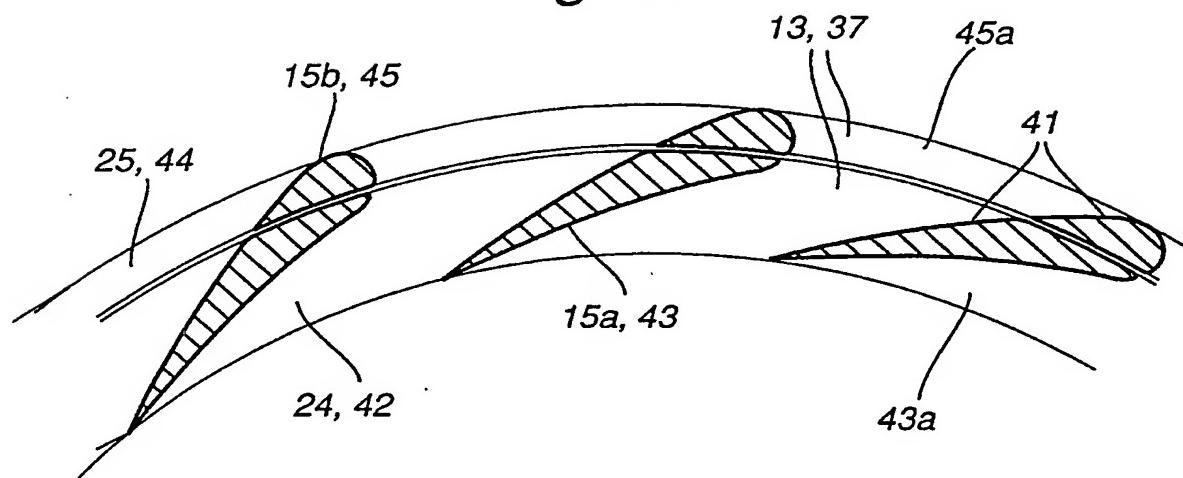
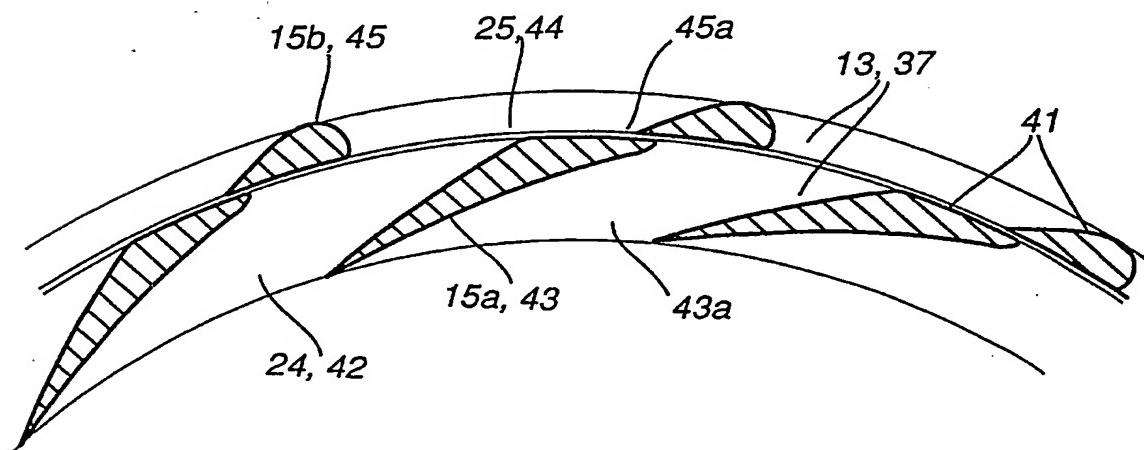


Fig. 4



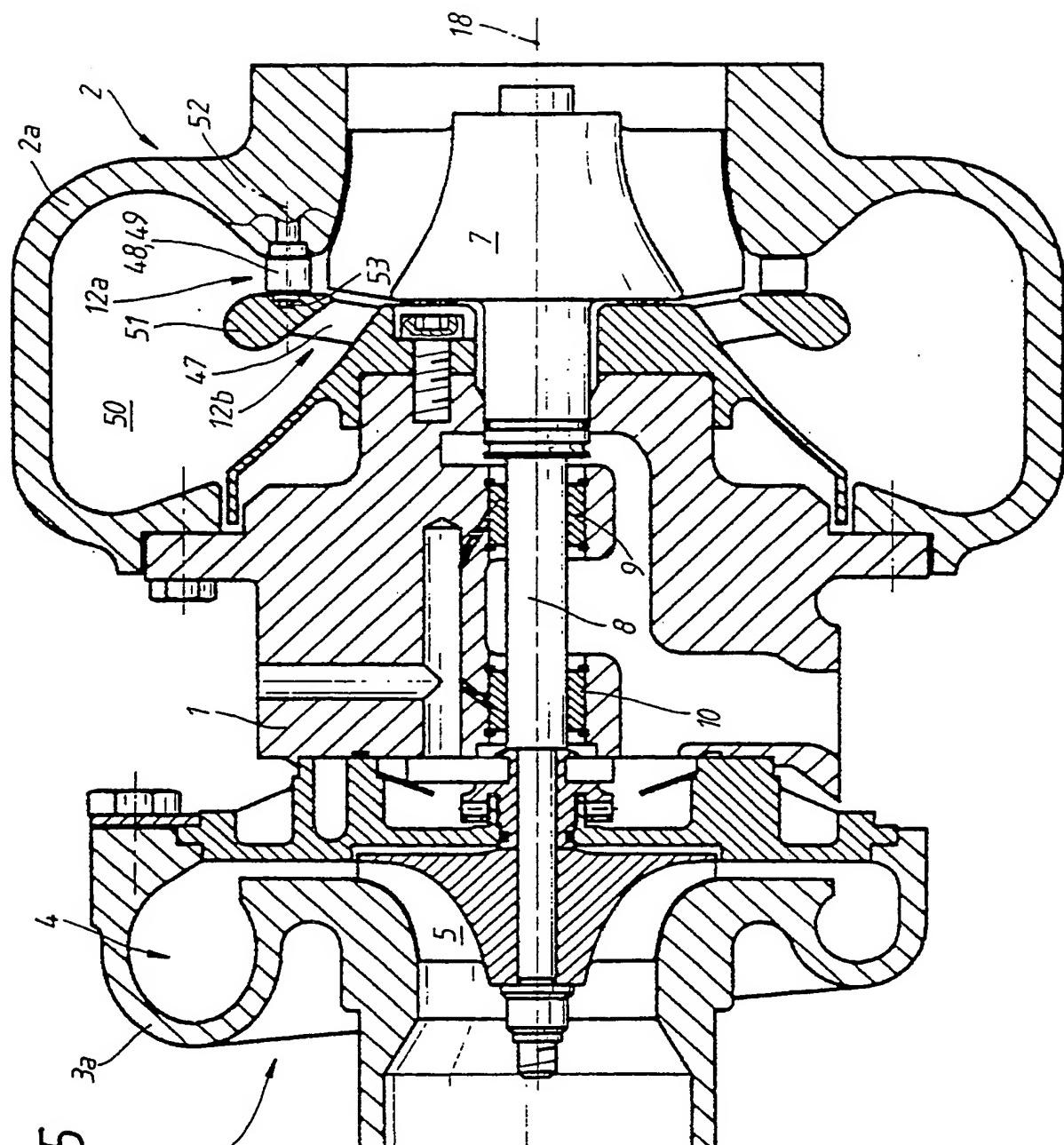


Fig. 5